

VANTAGENS NO USO DE IMAGENS OBTIDAS COM VEÍCULOS AUTÓNOMOS NÃO-TRIPULADOS NO ESTUDO DE COSTAS ROCHOSAS: O EXEMPLO DE S. PAIO, VILA DO CONDE

ADVANTAGES OF USING UAV IMAGERY ON THE STUDY OF ROCKY COASTS: THE CASE OF S. PAIO, VILA DO CONDE

Lopes, Mafalda, *FLUP, Porto, Portugal*, mafalda.lopes7@gmail.com

Marques, Miguel, *FLUP, Porto, Portugal*, ume3400@gmail.com

Coelho, Cláudia, *FCUP, Porto, Portugal*, coelho.claudia91@gmail.com

Araújo, Maria Assunção, *FLUP - CEGOT, Porto, Portugal*, asaraujo@letras.up.pt

Teixeira, José, *FLUP - CEGOT e Centro GeoBioTec/UA/LabCarga/ISEP, Porto, Portugal*, jateixeira@letras.up.pt

Gomes, Alberto, *FLUP - CEGOT, Porto, Portugal*, albgomes@gmail.com

RESUMO

O trecho costeiro de S. Paio, Vila do Conde, constitui uma área de grande interesse geomorfológico, graças à conservação de diversos testemunhos das variações do nível do mar e da evolução climática durante o final do Quaternário, num cenário com uma forte influência da estrutura geológica. Aplicámos novas tecnologias no seu estudo, nomeadamente na aquisição de dados aerofotogramétricos com recurso a um *Veículo Autónomo Não-tripulado* (modelo DV6-S). Realizaram-se dois voos que permitiram a obtenção de fotografias aéreas de alta resolução (2cm de pixel) e com um elevado grau de sobreposição. Recorrendo ao *software Agisoft PhotoScan* foram gerados ortofotos globais do setor e criados MDS de grande pormenor, onde se observam, com grande detalhe, elementos geomorfológicos e geológicos tais como: descontinuidades, contactos litológicos e filões. Estes elementos foram posteriormente cartografados no *software ArcGIS 10.2.2*, originando uma cartografia temática de grande escala. A utilização de VANTs revela-se muito vantajosa, uma vez que os custos e o tempo requerido para a recolha e processamento de dados são reduzidos.

ABSTRACT

The coastal area of S. Paio, Vila do Conde, is a stretch of great geomorphological interest, due to the conservation of several testimonies of sea level changes and climate evolution during the late Quaternary, in a scenario with a strong influence of geological structure. Therefore, we applied new technologies to study this rocky coast, namely the acquisition of aero photogrammetric data using *UAV (model DV6-s)*. We performed two flights, which allowed us to obtain high-resolution aerial photographs (2cm pixel) with a high degree of overlap. Using the *Agisoft PhotoScan* software, we produced orthophotos and created DSM, where geomorphological and geological features such as discontinuities, lithological contacts and veins are shown with a great detail. These elements were then mapped with *ArcGIS 10.2.2* software, resulting in large-scale thematic maps. The use of the UAV is very advantageous, namely because of its low cost, the short time required for data collection and the reduced time for geoprocessing.

Palavras-chave: Geomorfologia Litoral, costa rochosa, S. Paio, VANT.

Keywords: Coastal geomorphology, rocky coast, S. Paio, UAV.

1. INTRODUÇÃO

As costas rochosas representam cerca de 80% das costas de todo o globo (Emery e Kuhn, 1982). Na costa continental europeia, este tipo de costa constitui 1/3 do litoral, cerca de 3666km, o que representa aproximadamente 37% do total (Gómez-Pujol *et al.*, 2014). Segundo os mesmos autores, 48% das costas rochosas desenvolvem-se em afloramentos de rochas resistentes, tais como granitos e calcários.

Apesar da sua relevância em termos quantitativos, as costas rochosas, tendencialmente, recebem menos atenção por parte da comunidade científica, quando comparadas com os litorais móveis. Estes, associam-se mais a usos urbanos, industriais ou recreativos (Sunamura, 1992), e assumem um elevado valor social e económico (Naylor *et al.*, 2010).

A frente costeira de S. Paio situa-se na freguesia de Labruge, Vila do Conde, 15 km a norte do rio Douro. Diferencia-se do litoral da região do Porto, geralmente baixo, pois consiste num trecho costeiro rochoso caracterizado por dois morros essencialmente graníticos (alto da Mota, a norte e alto do Facho, a sul), separados por uma pequena praia, a praia dos Castros (Araújo *et al.*, 2014).

Este trabalho apresenta um estudo que integra novas tecnologias na investigação geomorfológica e geológica, nomeadamente na aquisição e análise das imagens capturadas através de um veículo autónomo não-tripulado (VANT). A partir de uma coletânea de fotografias elaborou-se um ortofoto global (Figura 1) e gerou-se um modelo digital de superfície. Estes dados constituíram a base para a elaboração de cartografia geológica e geomorfológica de grande pormenor apresentando-se neste trabalho, o mapa geológico do setor.

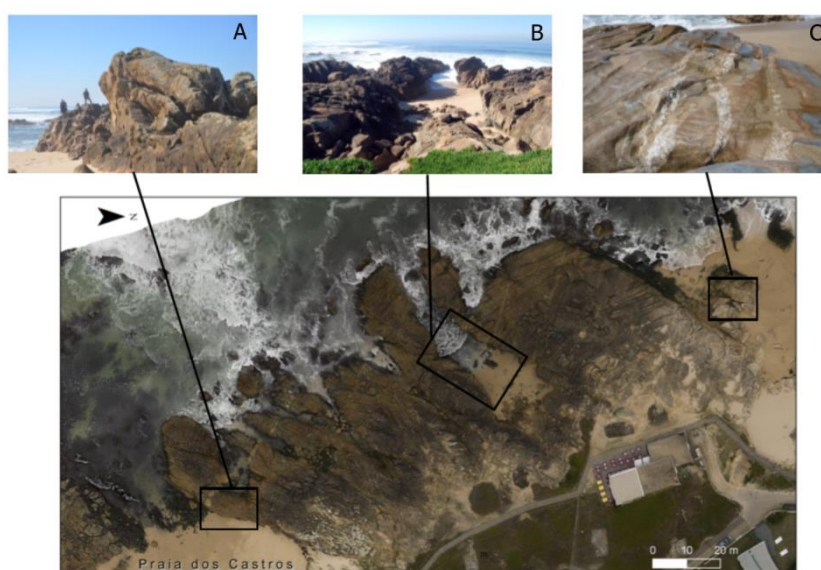


Figura 1. Ortofoto relativo ao sector costeiro a norte da praia dos Castros e perspetivas locais: A. Arriba; B. Praia encastrada; C. Filões aplito-pegmatíticos.

1. MATERIAIS E MÉTODOS

De acordo com Sabins (2007), a Detecção Remota deve ser encarada como um processo que engloba três etapas fundamentais: aquisição, processamento e interpretação. A aquisição das imagens prende-se com a tecnologia utilizada para a sua obtenção. A segunda etapa

refere-se aos procedimentos que convertem os dados primários (as fotografias aéreas) no modelo digital de superfície. Por último, mas não menos importante, a interpretação que permite a compreensão da informação pertinente.

As características específicas dos voos com um VANT (voo a baixas altitudes) permitem que as imagens ofereçam muitas vantagens, tais como: excelente resolução, grande sobreposição e um tempo reduzido de execução (Humphrey, 2014). Deste modo, tal como se apresenta na Figura 2, a aquisição de imagens foi realizada a partir de um veículo aéreo não-tripulado (Quadro 1) equipado com uma câmara digital convencional *Canon Powershot sx260hs* (12 megapixéis), cujo cartão de memória possui uma aplicação (*CHDK-Canon Hack Development Kit*) que lhe permite efetuar os disparos automaticamente num determinado intervalo de tempo definido pelo utilizador. De forma a melhorar a qualidade das imagens obtidas foram efetuados voos nos dias 12/08/2014 e 23/01/2015, dias com pouca nebulosidade e de marés baixas vivas com o objetivo de fotografar a maior parte das plataformas de erosão marinha, geralmente cobertas pelo mar.

Após o equipamento ter sido devidamente montado e preparado, foi planeada a missão do voo com recurso ao *software open source Mission Planner*. Neste programa inserem-se todos os parâmetros de voo necessários e define-se a área a sobrevoar. Para além do programa, o VANT pode ser controlado por um comando que é utilizado maioritariamente para efetuar as descolagens e aterragens da aeronave, e ainda para situações de emergência (*p. ex.*, no caso de perda de comunicação com a estação de controlo).

Quadro 1 - Características do veículo autónomo não-tripulado usado neste estudo.

TIPO	Hexacopter
CLASSE	550
CONTROLADORA	3dr APM
FIRMWARE (DA CONTROLADORA)	Arducopter 3.6
PESO TOTAL	± 2700g
TEMPO DE FUNCIONAMENTO	12 – 16min

Adicionalmente, também foram recolhidos pontos de controlo (assinalados com cruzes vermelhas na superfície do terreno e em posições observáveis nas fotografias aéreas) com recurso a um GPS diferencial LEICA SR20.

Na etapa de processamento, as fotografias obtidas foram visualizadas e selecionadas, excluindo-se as que se encontrem desfocadas ou capturadas durante a descolagem e aterragem. Seguidamente foram adicionadas ao *software Agisoft PhotoScan*, onde se gerou um modelo digital de superfície texturizado a partir de uma nuvem de pontos. Numa primeira fase, o programa alinha as fotografias de acordo com pontos comuns ou pontos de correspondência que estão presentes em várias imagens, e são invariantes às mudanças de iluminação, ao ruído da imagem e ainda às transformações geométricas básicas como: escala, translação e rotação. Estes pontos podem então ser identificados como elementos de um objeto, e por conseguinte a posição de cada fotografia é retificada e melhorados os parâmetros de calibração (Verhoeven *et al.*, 2013).

Posteriormente, é criada uma nuvem densa de pontos, através da estimativa das posições da câmara e das fotografias.

A terceira fase prende-se na construção do modelo 3D, ou seja, a partir da nuvem densa de pontos o *software* reconstrói uma malha poligonal e tridimensional que representa a

superfície da área de estudo. Por último, após o modelo 3D (a geometria) estar concluído, foi possível acrescentar textura à superfície e gerar um ortofoto global da área. O resultado final deste processo consiste num modelo digital de superfície georreferenciado a partir de dados GPS das fotografias.

Por último, realizou-se a etapa de interpretação. Previamente, adicionou-se o ortofoto ao *software ArcMap (ArcGIS)* e procedeu-se a uma georreferenciação indireta (Neitzel, e Klonowski, 2011), conseguida através dos pontos de controlo recolhidos no campo. Este procedimento conferiu ao ortofoto uma maior precisão espacial. A partir da interpretação visual foram identificados e cartografados alguns elementos geológicos tais como: as diferentes litologias, as discontinuidades e os filões. As propriedades de reconhecimento mais utilizadas nesta interpretação foram: a cor, a tonalidade, a forma, o tamanho e a direção.

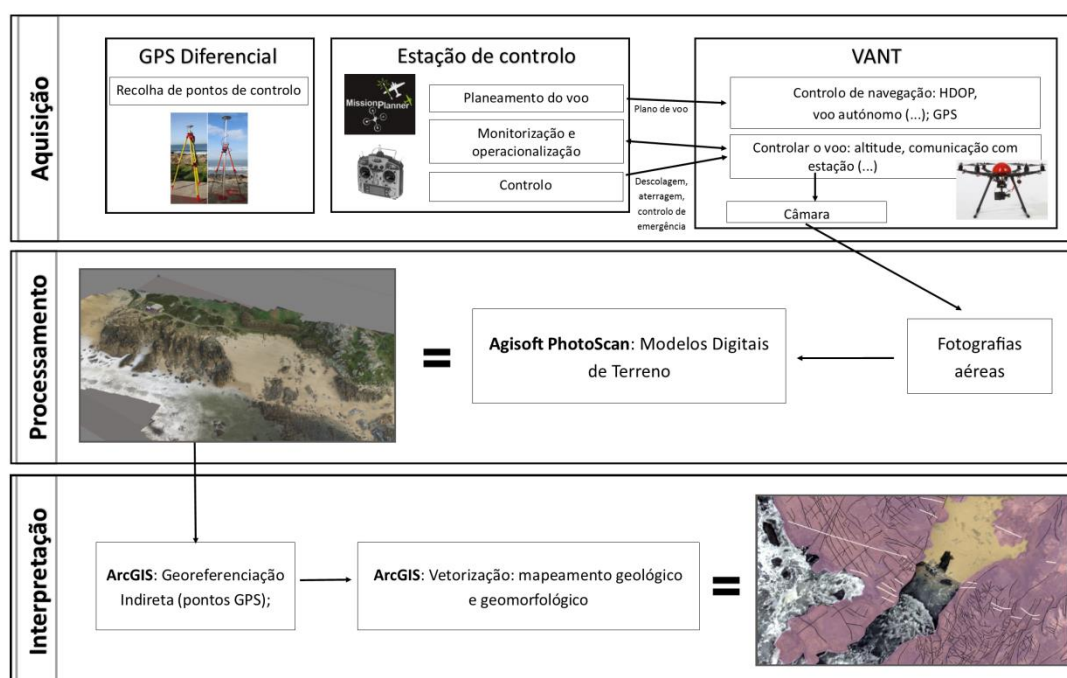


Figura 2 – *Workflow* do projeto seguindo propostas de Sabins (2007) e Kaneko e Nohara (2014).

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de vectorização iniciou-se com a interpretação visual dos vários elementos geológicos de acordo com as suas características. Considerando o contraste de cor face à rocha envolvente e a associação a formas lineares muito vincadas distinguiram-se os filões. Adicionalmente, as mesmas propriedades de reconhecimento permitiram o mapeamento das discontinuidades. Esse mapeamento é mais difícil que o dos filões, uma vez que o contraste da cor não é tão evidente, já que as discontinuidades possuem uma cor mais escura, uma forma mais irregular e menor comprimento e largura. Para além das propriedades de reconhecimento expostas, foi também experimentada a interpretação com mudanças na escala de observação, principalmente na interpretação dos filões e das discontinuidades, nos casos em que a sua continuidade não era perceptível.

Observando as imagens B e D da Figura 3 é possível verificar que existem filões com duas direções dominantes, NW-SE e NNW-SSE. Estes filões são constituídos, essencialmente, por quartzo e feldspato, correspondentes a texturas aplito-pegmatíticas. Alguns filões estão

rejeitados por desligamentos (bloco rochoso da Figura B) ou afloram de maneira intervalada, mas estão nitidamente rejeitados (Figura 3D). Os desligamentos nos filões são predominantemente direitos. Pela Figura 3 é possível verificar que o padrão de fracturação, construído a partir do mapeamento das discontinuidades, revela duas orientações predominantes, NNW-SSE e NE-SW. A resolução de 2 centímetros de *pixel* possibilita a identificação das discontinuidades mais pequenas, assim como dos filões. Porém, a grande resolução e a vantagem de poder incrementar-se o *zoom* da imagem, por vezes, transforma-se numa dificuldade, uma vez que é frequente perder-se a noção do espaço e do que se está a cartografar.

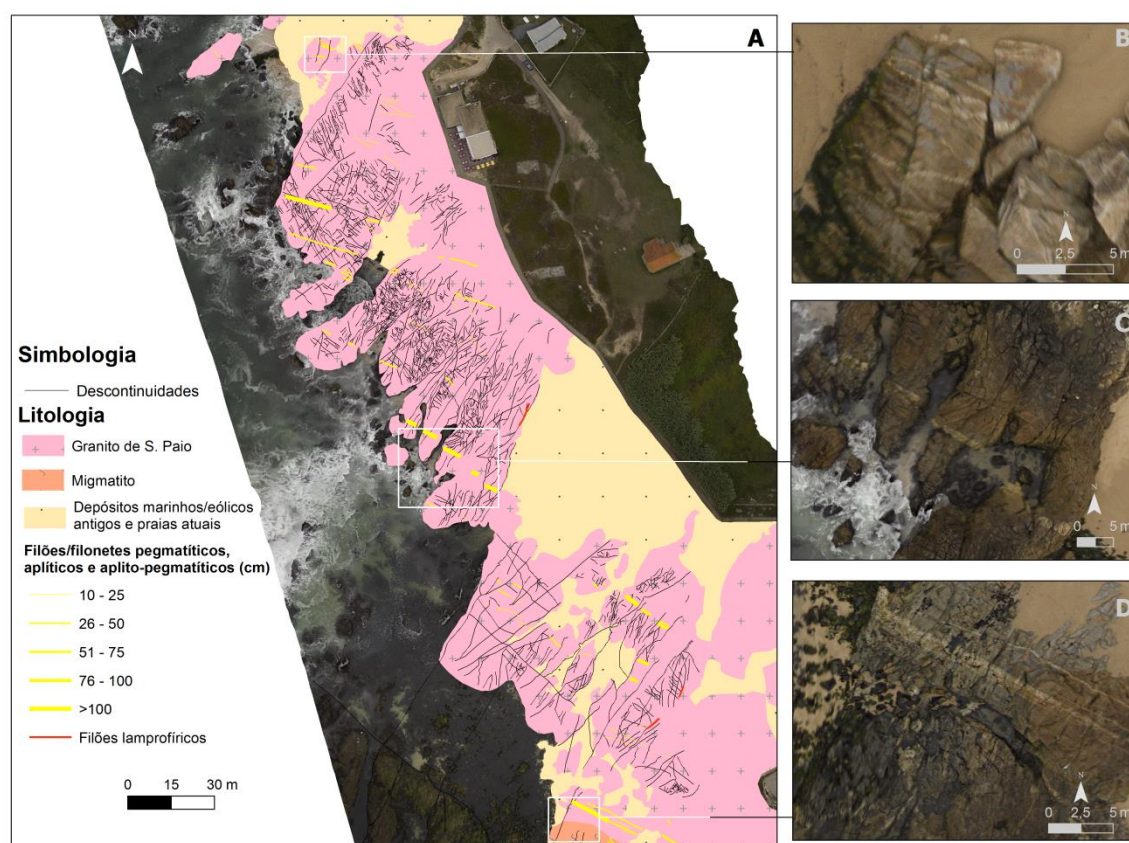


Figura 3. A. Esboço geológico da área costeira de S. Paio; B. Pormenor dos blocos rochosos situados no setor norte; C. Detalhe ortofotográfico de um filão com uma espessura que varia entre 130 e 180 cm; D. Contacto litológico entre a rocha ígnea e a rocha metamórfica e detalhe dos filões no ortofoto.

Relativamente à litologia da área, dado que abrangemos a faixa entre-marés, as variações de cor e tonalidade são bastante grandes, o que não permite destrinçar com grande clareza a diferenciação litológica. O conhecimento de campo adquirido da área revela que apenas existe um tipo de granito com ligeiras diferenças texturais, e uma mancha de rochas metamórficas no limite sul do mapa da Figura 3. No entanto, este é um dos aspetos que necessita de ser clarificado e melhorado com trabalho de campo.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A qualidade do ortofoto obtido pelas fotografias aéreas do VANT para executar cartografia de pormenor nesta costa rochosa é excelente. Para além dos elementos expostos no presente trabalho podem ser identificadas formas de relevo com grande detalhe, tais como: arribas, plataformas de erosão, sapas, escarpas, marmitas litorais e até depósitos antigos,

para além das formações atuais. Presentemente, desenvolve-se trabalho de campo para validar a interpretação e enriquecer o inventário geológico e geomorfológico deste setor costeiro.

A utilização de VANTs em comparação com outras técnicas de aquisição de dados é muito vantajosa, uma vez que os custos e o tempo despendido na recolha e no processamento dos dados são relativamente diminutos. O processamento pode, inclusivamente, ser efetuado no próprio local, o que permite a visualização, quase imediata, do resultado final e facilita a correção de erros através da repetição de voos. Atendendo a estas características e face à melhoria da interpretação geológica do setor do S. Paio que se obteve com estes novos dados, assume-se que a aquisição de dados a partir deste meio constitui uma técnica importante nos estudos das costas rochosas, nomeadamente nos estudos geomorfológicos (Pérez-Alberti e Trenhaile, 2015), e possivelmente também na cartografia de riscos. A facilidade de repetição dos voos e a rapidez no processamento de dados torna-a uma ferramenta acessível e muito eficaz na monitorização e gestão das costas rochosas.

REFERÊNCIAS

- Agisoft - Agisoft PhotoScan User Manual: Professional Edition, Version 1.0.0. (2013). http://fieldofviewllc.com/wp-content/uploads/bk-pdf-manager/27_AGISOFT%20PHOTOSCAN%20PRO%20USER%20GUIDE.PDF [acedido em 10 Fevereiro 2015]
- Araújo, M A; Teixeira, J; Marques, M (2014) A área do S. Paio (Labruge, Vila do Conde): desafios científicos e uso de novas tecnologias. *Livro de atas do XIV Congresso Ibérico de Geografia*, Guimarães. P. 2200-2205.
- Emery, K O; Kuhn, G G (1982) *Sea cliffs: their processes, profiles, and classification* Geological in the Society of America Bulletin. Vol. 93. p. 644-654.
- Gómez-Pujol, L; Pérez-Alberti, A; Blanco-Chao, R; Costa, S; Neves, M; Río, Laura Del (2014) The rock coast of continental Europe in the Atlantic. *Rock Coast Geomorphology: A Global Synthesis*. Geological Society, London, Memoirs 2014, 40: 77-88.
- Humphrey, D (2014) UAV and GIS An Emerging Dynamic Duo. <http://www.esri.com/~media/Files/Pdfs/news/arcuser/0314/uav-and-gis.pdf> [acedido em 15 março 2015]
- Kaneko, K; Nohara, S (2014) Review of Effective Vegetation Mapping Using the UAV (Unmanned Aerial Vehicle) Method. *Journal of Geographic Information System*. 6: 733-742.
- Naylor, L A; Stephenson, W J; Trenhaile, A S (2010) Rock coast geomorphology: Recent advances and future research directions. *Geomorphology*. Vol. 114: 3-11.
- Neitzel, F; Klonowski, J (2011) Mobile 3D mapping with a low-cost UAV system. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* 38: 1-6.
- Pérez-Alberti, A; Trenhaile, A S - An initial evaluation of drone-based monitoring of boulder beaches in Galicia, north-western Spain. *Earth Surface Processes and Landforms*. 40: 105-111.
- Sabins, F F (2007) Introduction to concepts and systems *In Remote Sensing: Principles and Applications*, Third Edition. Waveland Press. Illinois: 2-31.
- Sunamura, T (1992) Introduction *In Geomorphology of rocky coasts*. J. Wiley. West Sussex: 1-4
- Verhoeven, G; Sevara, C; Karel, W; Ressler, C; Doneus, M; Briese, C (2013) Undistorting the past: new techniques for orthorectification of archaeological aerial frame imagery *Good Practice in Archaeological Diagnostics*. Springer. Londres: 31-67